高粱抗高粱蚜的生化基础

何富刚 刘 俊* 张广学** 曲国民 颜范悦
(辽宁省农业科学院植物保护研究所，沈阳 110161)
(中国科学院动物研究所，北京 100080**)

摘要 高粱中的可溶性总氮、可溶性总糖和绝大部分游离氨基酸，特别是必需氨基酸，在感性品种中的含量显著地比抗性品种中的含量高。感性品种叶液微偏酸，抗性品种近中性。多元回归分析表明，高粱对高粱蚜*Melanaphis sacchari* (Zehntner) 的抗性与可溶性总氮、可溶性总糖和游离氨基酸的含量呈反相关。

关键词 高粱蚜 高粱 抗蚜性 叶化学成分。

大量研究工作表明，植物对昆虫的抗性除一些有毒次生物质外，还有营养屏障。表现之一是在某些抗虫植物体内常因缺少昆虫必需的氨基酸或其他营养物质，使蚜虫取食后因营养不良而不能很好地发育或死亡。在此文中我们初步研究了高粱对高粱蚜 *Melanaphis sacchari* (Zehntner) 抗性的生化基础，从而选出与抗性有关的关键化学因子。

一、材料和方法

供试高粱：高感性品种小黄壳、大蛇眼、大黄壳、253；高抗性品种鉴148、B_2TAM428、RTAM428、IS18681。

每品种种植1行，行长5米，行距60厘米，株距15厘米，小区随机排列，3次重复。孕穗期从下向上数第5—6片可见叶，每品种取20片，分别装塑料袋，用剪子剪碎，用四分法取样，测定下列各化学物质含量。

1. 游离氨基酸：用美国 Backman 公司产6300氨基酸分析仪测定。

2. 可溶性氮(氨态氮、硝态氮)：氨态氮采用茚三酮酚-吡啶比色法测定，硝态氮用蒸馏法测定(劳家柽，1982)。

3. 可溶性总糖：用铜还原-直接滴定法测定(刘铭三等，1985)。

4. 单宁：用改进磷钼酸-钨酸钠比色法测定(王意春，1988)。

5. 有机酸：用氢氧化钠直接滴定法测定(劳家柽，1982)。

6. pH 值：用 pH 计测定。

二、结 果

(一) 不同抗性高粱叶片中几种氨基酸含量

在孕穗期测定了6个不同抗性高粱叶片中16种游离氨基酸，结果见表1。

本文于1988年8月收到。
王意春、刘淑琴、王艳琴、李井林、苗桂珍参加部分工作，特此致谢。
* 现在内蒙古流行病防治研究所工作。

表 1　高粱叶片中几种氨基酸的含量*(毫克/100 克鲜重)　　1987.8

高粱品种	总氨基酸	组氨酸	亮氨酸	赖氨酸	蛋氨酸	苯丙氨酸	脯氨酸	甘氨酸	丙氨酸
大蛇眼	296.19a	36.83a	23.68a	19.67b	4.03a	11.76a	10.73a	7.35b	63.67b
大黄壳	300.17a	29.20b	23.17a	23.19a	4.00a	11.84a	10.36a	8.24a	78.51a
253	24458b	24.69c	19.43b	17.54b	3.44a	10.52b	10.87a	6.34c	47.40c
鉴 148	245.94b	21.83c	16.25c	9.85c	0.00c	4.67c	0.00b	2.88d	22.23d
RTAM428	219.39b	17.75d	12.03d	9.23c	0.46bc	3.95c	0.00b	3.00d	19.30d
B_2ΓAM428	210.14b	16.55d	10.90d	7.85c	1.47b	4.64c	0.00b	3.44d	12.47d
高粱品种	**酪氨酸**	**谷氨酸**	**天冬氨酸**	**氨**	**精氨酸**	**异亮氨酸**	**缬氨酸**	**苏氨酸**	**丝氨酸**
大蛇眼	9.81a	31.95b	17.90bc	0.39b	18.22a	7.35ab	13.53ab	14.07a	11.64a
大黄壳	10.10a	27.77b	13.89c	0.50a	3.78ab	8.58a	15.30a	11.08a	18.15a
253	8.05ab	27.86b	15.78c	0.40b	0.45ab	5.92b	10.82c	11.30a	12.11a
鉴 148	8.88ab	76.41a	34.12a	0.33bc	0.00c	9.01a	13.85ab	10.14a	18.87a
RTAM 428	6.84b	70.12a	20.90bc	0.27c	16.07a	7.32ab	11.56bc	9.90a	10.69a
B_2TAM 428	6.99b	72.39a	27.87ab	0.24c	5.98bc	6.79b	11.21bc	9.84a	11.51a

* 表中数据为三个重复的平均数，在数字后标有不同字母者表示用 Duncan 复极差测验在 0.05 水平有差异。相同字母者无差异。

从表 1 看出，不同抗性高粱间多种游离氨基酸含量差异显著，在测定的 16 种氨基酸中，感性品种只有谷氨酸、天冬氨酸、异亮氨酸低于抗性品种，其他 13 种氨基酸含量均高于抗性品种。总氨基酸含量感性品种是抗性品种的 1.24 倍，昆虫必需的氨基酸中，精氨酸在感性品种中为 14.15 毫克/100 克，是抗性品种的 1.93 倍；苯丙氨酸在感性品种中为 11.37 毫克/100 克，为抗性品种的 2.57 倍；苏氨酸在感性品种中为 12.15 毫克/100 克，是抗性品种的 1.22 倍；蛋氨酸在感性品种中为 3.82 毫克/100 克，是抗性品种的 5.37 倍；亮氨酸在感性品种中为 22.09 毫克/100 克，是抗性品种的 1.69 倍；组氨酸在感性品种中为 30.24 毫克/100 克，是抗性品种的 2.24 倍；缬氨酸在感性品种中为 13.22 毫克/100 克，为抗性品种的 1.08 倍。丙氨酸等非必需氨基酸含量也是感性品种高于抗性品种。

（二）不同抗性高粱叶片中几种化学物质含量

在高粱孕穗期，测定了不同抗性高粱叶片中可溶性总氮、氨态氮、硝态氮、可溶性总糖、单宁、有机酸、pH 值，结果见表 2。

从表 2 中看出，感性高粱品种可溶性总氮含量为 10.44 毫克/100 克鲜样，是抗性高粱的 1.79 倍。在可溶性总氮中，氨态氮和硝态氮比较，氨态氮和抗性关系更密切，感性品种含量为 7.32 毫克/100 克鲜样，是抗性品种的 1.85 倍。而硝态氮感性和抗性品种间含量差异不显著。

糖是蚜虫的能源之一，可溶性总糖含量感性和抗性品种差异显著，感性品种含量为 17.94 毫克/100 克鲜样，是抗性品种的 1.57 倍。

单宁含量感性品种和抗性品种间也有一定差异，感性品种含量略高于抗性品种。有机酸含量感性品种为 0.34 克/100 克鲜样，是抗性品种的 4.25 倍，pH 值亦如此，感性品种叶汁液偏酸，pH 值为 5.92，抗性品种近中性，pH 值为 6.91。

表 2 高粱叶片中几种化学物质的含量* (1987.8)

高粱品种	可溶性总氮（毫克/100克鲜重）	可溶性氨态氮（毫克/100克鲜重）	可溶性硝态氮（毫克/100克鲜重）	可溶性总糖（毫克/100克鲜重）	单宁（克/100克鲜重）	有机酸（克/100克鲜重）	pH 值
小黄壳	12.71a	7.27b	5.44a	14.80b	0.47c	0.19b	6.93a
大蛇眼	11.01a	9.11a	1.88a	19.70a	0.54b	0.41a	5.54b
大黄壳	10.70a	8.02ab	2.72a	20.77a	0.59a	0.37a	5.42b
253	7.34b	4.89c	2.46a	16.47b	0.52b	0.38a	5.77b
鉴 148	6.45b	4.33c	2.11a	11.70c	0.43cd	0.09b	6.80a
B_2TAM428	6.25b	4.30c	1.95a	10.83c	0.44cd	0.09b	7.15a
IS 18681	6.16b	3.96c	2.19a	11.30c	0.46cd	0.07b	6.92a
RTAM 428	4.43b	3.21c	1.21a	11.80c	0.42d	0.06b	6.76a

* 表中数据为三次重复的平均数，在平均数后标有不同字母者表示用 Duncan 复极差测验在 0.05 水平有差异，相同字母者无差异。

（三）几种化学物质与抗蚜性的关系

用已做过的几个高粱抗高粱蚜的抗性指标，与不同抗性高粱所含差异性显著的 6 种化学物质进行逐步回归分析，以找出与抗性有关的关键化学因子。在分析中用的抗性指标是：每雌产若蚜数（Y_1）、总死亡率（Y_2）、成蚜寿命（Y_3）、成蚜鲜重（Y_4）和翅蚜占成蚜的比例（Y_5）。6 种化学物质是可溶性总氮（X_1）、氨态氮（X_2）、可溶性总糖（X_3）、单宁（X_4）、有机酸（X_5）和酸碱度（X_6）。分析结果如下。

每雌产若蚜数（Y_1）与可溶性总氮（X_1）、氨态氮（X_2）、可溶性总糖（X_3）和有机酸（X_5）含量有关，其多元回归式为

$$Y_1 = -91.81 + 16.10X_1 - 12.08X_2 + 4.29X_3 + 43.01X_5$$
$$(r_2 = 1.000,\ s_2 = 0.477)$$

总死亡率（Y_2）与可溶性总氮（X_1）、氨态氮（X_2）、单宁（X_4）和有机酸（X_5）的含量有关，其多元回归式为

$$Y_2 = 3.46 - 0.16X_1 + 0.16X_2 - 5.35X_4 - 0.54X_5$$
$$(r_2 = 1.000, s_2 = 0.173)$$

成蚜寿命（Y_3）与可溶性总氮（X_1）、氨态氮（X_2）、单宁（X_4）和有机酸（X_5）含量有关，其多元回归式为

$$Y_3 = -5.06 + 1.66X_1 - 1.49X_2 + 14.63X_4 + 10.84X_5$$
$$(r_2 = 1.000,\ s_2 = 0.139)$$

成蚜鲜重（Y_4）仅与可溶性总氮（X_1）和有机酸（X_5）含量有关，其二元回归式为

$$Y_4 = 0.13 + 0.03X_1 + 0.24X_5$$
$$(r_2 = 0.975,\ s_2 = 0.261)$$

翅蚜占成蚜比例（Y_5）与可溶性总氮（X_1）、氨态氮（X_2）、可溶性总糖（X_3）和单宁（X_4）含量有关，其多元回归式为

$$Y_5 = 146.76 - 8.57X_1 + 13.67X_2 - 7.01X_3 - 6.21X_4$$
$$(r_2 = 1.000, s_2 = 0.540)$$

从上述各多元回归式可知，可溶性总氮（X_1）与每蚜产若蚜数、成蚜寿命、成蚜鲜重呈显著正相关，与总死亡率和翅蚜占成蚜比例呈显著负相关。亦即每蚜产若蚜数、成蚜寿命和成蚜鲜重随品种可溶性总氮（X_1）的增加而增加，而总死亡率和翅蚜占成蚜比例随品种可溶性总氮（X_1）的增加而降低。可溶性总氮对蚜虫生长发育是有利的，是重要营养源。

可溶性总糖（X_3）只与蚜虫生殖力和翅蚜的产生有显著关系，生殖力随可溶性总糖含量的增加而升高，而翅蚜产生量则随可溶性总糖含量的增加而降低。它对蚜虫是有益的，与高粱的抗性呈负相关。

单宁（X_4）的含量与蚜虫总死亡率、翅蚜的生成呈显著负相关。有机酸（X_5）的含量与每蚜产若蚜数、成蚜寿命、成蚜鲜重呈正相关，与总死亡率呈负相关，它对蚜虫是有益的。

三、讨　　论

（一）Niraz 等(1985)和谢永寿等(1987)认为冬小麦对麦长管蚜 *Sitobion avenae* 的抗性是和全部游离氨基酸含量有关。 而薛玉柱(1982)在研究高粱对高粱蚜抗性时指出，游离氨基酸含量与抗蚜性关系不明显。我们研究认为，高粱对高粱蚜的抗性与高粱叶中游离氨基酸含量有关，即游离氨基酸含量越高越感蚜，其中的几种作用更为明显。

（二）通过逐步回归分析表明，5 个抗蚜指标与 6 种化学物质的关系，可溶性总氮与抗蚜性关系最密切，与 5 个抗蚜指标都相关，可作为抗性的一个重要指标，是蚜虫主要营养来源，在高粱对高粱蚜抗性中，它起着关键性作用，它的存在对蚜虫是有益的，含量高的品种感蚜，含量低的品种由于营养不良导致抗蚜性增高。

糖可供给害虫活动必需的能量，植物在关键时刻缺少它会表现为抗虫(曹骥，1984)。薛玉柱(1982)认为，在高粱中可溶性糖含量与抗高粱蚜关系不明显。我们认为，高粱叶中可溶性糖含量与抗高粱蚜是有关的，它直接控制着蚜虫的生殖力，与抗蚜性呈负相关，可作为抗性的第二营养因子。

高粱蚜可能喜微酸，凡高粱叶汁液呈微酸性的，对它生长、发育、繁殖有利，此类品种感蚜，抗性品种叶汁液近中性。

（三）我们所做的化学分析主要偏重于几种营养物质，次生物质做的较少，高粱抗蚜性是否与某些有毒次生物质存在有关，还有待进一步研究。

参　考　文　献

王宓春　1988　用比色法测定高粱籽粒中单宁含量方法的改进。辽宁农业科学(2)：53—5。
刘铭三等　1985　谷物及油料分析法。农业出版社。
劳家柽　1982　土壤农化分析手册。农业出版社。
曹骥　1984　作物抗虫原理及应用。科学出版社。
谢永寿等　1989　冬小麦品种中糖及氨基酸含量与麦长管蚜的关系。植物保护学报14(1)：37—8。
薛玉柱　1982　高粱抗蚜性生理基础的初步分析。作物品种资植(2)：32。

STUDIES ON THE BIOCHEMICAL BASIS OF RESISTANCE IN SORGHUM TO SORGHUM APHID *MELANAPHIS SACCHARI* (ZEHNTNER)

HE FU-GANG LIU JUN ZHANG GUANG-XUE* QU GUO-MIN YAN FAN-YUE

(*Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang* 110161; *Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing* 100080*)

The biochemical basis of resistance in sorghym to sorghum aphid *Melanaphis sacchari* (Zehntner) was studied by chemical analysis of the fifth and sixth leaves when the plants were in the earing stage. Four susceptible varieties and four resistant varieties were used. The results indicated that the leaves of the susceptible varieties had signifucantly higher levels of soluble nitrogen, sugars, and many free amino acids, esppecially the essential amino acids when compared with that of the resistant varieties. The sap pH of the resistant sorghum leaves displayed slightly acidic while it was neutral in the susceptible varieties. Multiple regression analysis showed that the resistance to the sorghum aphid is negatively correlated with the contents of soluble nitrogen, sugars and free amino acids in the sorghum foliage.

Key words *Melanaphis sacchari* (Zehntner) —sorghum——aphid resistance——foliage chemistry